

УДК 623.438.324

Власенко Д.В., Жадан В.А., Нефедов А.В., Угненко Д.Н.

## АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ГИДРОПНЕВМАТИЧЕСКИХ ПОДВЕСОК СОВРЕМЕННЫХ КОЛЕСНЫХ МАШИН. ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ

### Постановка проблемы

В настоящее время просматривается четкая тенденция в требованиях, предъявляемых к вновь разрабатываемым и модернизируемым изделиям легкой бронированной техники (ЛБТ):

- повышение уровня защиты и, как следствие, увеличение массы;
- увеличение максимальных и средних скоростей движения на дорогах с различной интенсивностью дорожного воздействия;
- повышение эргономических показателей (особенно показателей, влияющих на утомляемость экипажа при движении изделия по пересеченной местности и на длительных маршах);
- повышение точности ведения огня «сходу».

Одним из путей в обеспечении этих требований на современных изделиях ЛБТ является применение гидропневматической подвески (ГПП), позволяющей регулировать характеристики подвески, величину дорожного просвета и хода подвесок с места механика водителя.

В тоже время в гражданском автомобилестроении все более широкое применение находят конструкции ГПП с интеллектуальными системами автоматического регулирования параметров системы поддрессоривания в зависимости от текущих и пороговых значений колебаний корпуса. Данные конструкции позволяют наиболее оптимально регулировать (подстраивать) характеристики плавности хода под текущие дорожные условия.

### Анализ последних публикаций

Проведенным анализом литературных источников определено, что на серийно выпускаемых боевых колёсных машинах преобладают подвески с металлическим упругим элементом. Примерное отношение в применении между ГПП и металлическими упругими элементами на сегодняшнее время составляет 25 % и 75 % соответственно.

Серийно выпускаемые зарубежные боевые колёсные машины с ГПП:

- LAV-H (Канада), с колёсной формулой 8×8;
- VBTP-MR (Бразилия), с колёсной формулой 6×6;
- VBCI (Франция), с колёсной формулой 8×8;
- Freccia (Италия), с колёсной формулой 8×8;
- AMV (Финляндия), с колёсной формулой 8×8;
- Piranha IV и Piranha V (Швейцария), с колёсной формулой 8×8;
- VCR TT 2 (Алжир), с колёсной формулой 6×6;
- KW2 (Южная Корея), с колёсной формулой 8×8;
- RG 41 (Франция), с колёсной формулой 8×8.

На настоящее время существуют два типа подвесок – пассивного и активного исполнения.

Под термином «пассивная подвеска» подразумевается такая конструкция, которая не имеет возможности регулирования характеристик.

Под термином «активная подвеска» подразумевается такая конструкция, в которой могут изменяться (регулироваться) характеристики, что позволяет адаптировать машину под определённые условия эксплуатации.

В последнее время на машинах гражданского назначения также нашли применение активные ГПП с интеллектуальными системами, автоматически подстраивающими характеристики системы поддрессоривания в зависимости от дорожных условий. В некоторых источниках такие подвески называют адаптивными.

Так во флагманских моделях ведущих мировых автомобилестроителей:

- Mercedes-Benz, Volkswagen, Opel, BMW, Audi (Германия);
- Toyota, Lexus (Япония);
- General Motors, Cadillac, Chevrolet (США);
- Hyundai (Корея),

интеллектуальные системы поддрессоривания автоматически регулируют жесткость подвески, демпфирование амортизаторов, величину дорожного просвета, а также обеспечивают стабилизацию поперечной устойчивости.

### Цель работы

Определение основных тенденций развития систем поддресоривания ЛБТ, направленных на улучшение таких машинных характеристик как плавность хода, точность стрельбы сходу, безопасность и комфорт членов экипажа и десанта при длительном выполнении своих функций.

### Основная часть

На сегодняшний день на изделиях ЛБТ с активной системой поддресоривания регулируется величина дорожного просвета, а также придается требуемый крен, дифферент.

В системах поддресоривания передовых гражданских автомобилей наблюдается тенденция применения автоматического регулирования жесткости подвески, демпфирования амортизаторов, величины дорожного просвета, а также стабилизации поперечной устойчивости.

Учитывая это можно сформировать следующие требования к ГПП для перспективных изделий ЛБТ:

1. Тип – активная телескопическая пневматическая подвеска со встроенным гидроамортизатором.
2. Регулируемые параметры:
  - амортизатор (демпфирование, жёсткость подвески);
  - упругий элемент (жёсткость подвески, дорожный просвет);
  - стабилизация устойчивости корпуса машины при движении и стрельбе «сходу» (за счёт управления жёсткостью упругих элементов).

3. Способ управления системой (регулирование параметров):

- демпфирование амортизаторов автоматическое, индивидуально для каждого амортизатора;
- жёсткость подвески, дорожный просвет – мануальный выбор соответствующего режима;
- стабилизация поперечной устойчивости – автоматическая.

Автоматическая система регулирования параметров производится в зависимости от текущей скорости движения, значений амплитуд и перегрузок от датчиков, установленных в контрольных точках.

Для обеспечения высокой плавности хода ЛБТ посредством изменения демпфирующих и жесткостных характеристик системы поддресоривания в зависимости от текущих значений плавности хода (амплитуд колебаний корпуса ЛБТ, действующих перегрузок и скорости движения) требуется высокое быстродействие системы управления.

Одним из путей реализации высокого быстродействия системы можно рассмотреть применение магнитореологической жидкости (МРЖ) и электромагнитного дросселя (ЭД) в амортизаторе ГПП.

МРЖ представляет собой суспензию ферромагнитных, сверхмагнитных или парамагнитных частиц (размером порядка 10–20 нм) в жидкости-носителе (масляной основе). Благодаря наличию таких частиц в рабочей жидкости под воздействием магнитного поля увеличивается вязкость МРЖ. Таким образом, представляется возможность регулирования демпфирующих свойств амортизатора и приведенной жесткости ГПП.

После поступления электрических сигналов от датчиков регистрирующих текущее значение плавности хода на бортовой компьютер и их обработки выдается требуемый сигнал на катушку ЭД, вокруг неё возникает магнитное поле, которое способствует увеличению вязкости МРЖ в зоне протекания через дроссельное отверстие и как следствие изменяются демпфирующие и жесткостные свойства подвески.

Для оценки влияния изменения характеристик системы поддресоривания на плавность хода изделия проведем сравнительный расчетный анализ.

В качестве базового для проведения расчетного анализа взято изделие БТР-4 массой 20 400кг, схема подвески которого представлена на рисунке 1, в качестве альтернативного – тоже изделие БТР-4 снабженное управляемыми амортизаторами с электромагнитным дросселем.

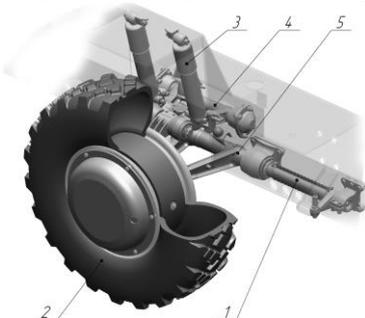


Рисунок 1 – Схема подвеска изделия БТР-4  
1 – торсионный вал (металлический упругий элемент подвески); 2 – шина;

3 – амортизатор; 4 – рычаг верхний; 5 – нижний рычаг

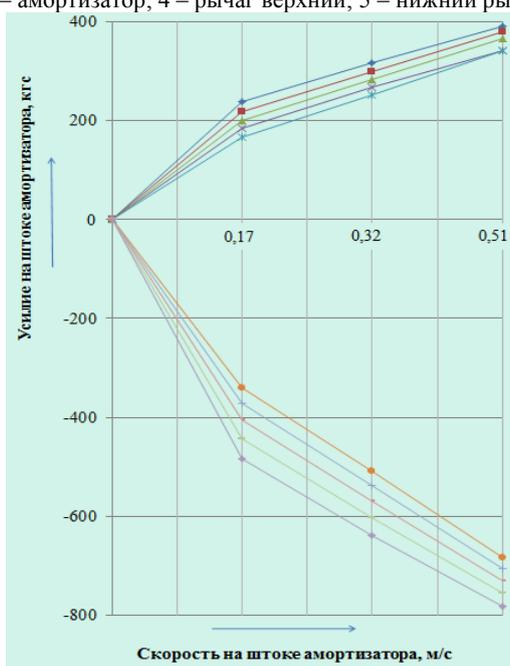


Рисунок 2 – Характеристики амортизатора БТР-4 в зависимости от изменения вязкости его рабочей жидкости

Зависимость изменения характеристик амортизатора изд. БТР-4 от вязкости его рабочей жидкости представлена на рисунке 3.

Оценка плавности хода проводилась по уровню среднеквадратичных отклонений (СКО) вертикальных ускорений [1] на месте механика-водителя и экипажа [2].

Для проведения расчета плавности хода задана стандартная трасса (рис. 3) с высотой неровности 0,14 м, длиной неровности 4 м и расстоянием между неровностями равным  $L_T=1,5$  базы изделия. Моделировалось движение изделия в диапазоне скоростей от 1 до 45 км/ч.

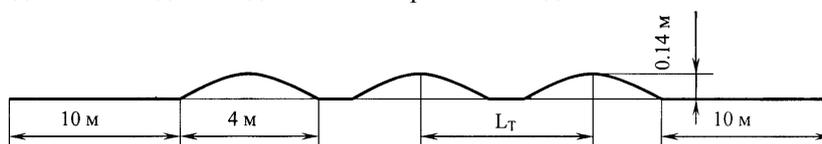


Рисунок 3 – Геометрические параметры трассы

Результаты расчетов (СКО) вертикальных ускорений на месте механика-водителя и экипажа приведены на рисунках 4 и 5.



Рисунок 4 – СКО вертикальных ускорений на месте механика-водителя/экипажа при движении изделия БТР-4 по стандартной трассе

Анализом результатов проведенного расчета плавности хода изделия БТР-4 установлено, что регулирование демпфирующих свойств его амортизаторов позволяет снизить уровень

среднеквадратичных отклонений (СКО) вертикальных ускорений на месте механика-водителя/экипажа на 39 %.



Рисунок 5 – СКО вертикальных ускорений на месте механика-водителя/экипажа при движении изделия БТР-4 с управляемыми амортизаторами по стандартной трассе

### Выводы

Принимая во внимание тенденции развития систем поддресоривания гражданских автомобилей, а также результаты расчетного анализа показавшего повышение показателей плавности хода изделия БТР-4, имеющего регулируемые характеристики системы поддресоривания можно предположить, что основным направлением дальнейшего развития систем поддресоривания ЛБТ станет появление в их составе интеллектуальных систем регулирования (подстраивания) характеристик подвески в зависимости от текущих пороговых значений скорости движения, колебаний корпуса, перемещений подвесок.

### Литература

1. А.А. Хочатуров «Динамика систем Дорога-Шина-Автомобиль-Водитель.», М., «Машиностроение», 1976 г., 536 с.
2. Г.А. Смирнов «Теория движения колесных машин», М., «Машиностроение», 1981 г., 270 с.

### Bibliography (transliterated)

1. A.A. Hochaturov «Dinamika sistem Doroga-Shina-Avtomobil-Voditel.», M., «Mashinostroenie», 1976 g., 536 p.
2. G.A. Smirnov «Teoriya dvizheniya kolesnyih mashin», M., «Mashinostroenie», 1981 g., 270 p.

УДК 623.438.324

Власенко Д.В., Жадан В.А., Нefeldов А.В., Угненко Д.М.

### АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ГІДРОПНЕВМАТИЧНИХ ПІДВІСОК СУЧАСНИХ КОЛІСНИХ МАШИН. ОСНОВНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ

Аналіз існуючих конструкцій ГПП та формування вимог до підвіски перспективних виробів ЛБТ. Оцінка впливу на плавність руху застосування амортизаторів з регульованою характеристикою.

Vlasenko D.V., Zhadan V.A., Nefedov A.V., Ugnenko D.N.

### ANALYSIS OF THE STRUCTURES OF HYDROPNEUMATIC SUSPENSION OF MODERN WHEELED VEHICLES. MAIN TRENDS OF DEVELOPMENT

Analysis of existing structures of HPS and formation of requirements for suspension of the perspective LAV products. Assessing the impact on smoothness of movement of the shock absorbers with adjustable characteristic application.